

VU Research Portal

Milieu en technologie: Lessen voor het beleid

den Butter, F.A.G.; de Zeeuw, A.J.

published in

Milieubeleid en technologische ontwikkeling in de Nederlandse economie
2004

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

den Butter, F. A. G., & de Zeeuw, A. J. (2004). Milieu en technologie: Lessen voor het beleid. In H. R. J. Vollebergh, & et al. (Eds.), *Milieubeleid en technologische ontwikkeling in de Nederlandse economie* (pp. 221-237). SDU Uitgevers.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

Milieu en technologie: lessen voor het beleid

Frank A.G. den Butter en Aart J. De Zeeuw¹

Inleiding

De hamvraag voor het milieu- en technologiebeleid is hoe een voortgaande economische groei kan samengaan met een vermindering van het milieubederf. Gezien het enorme beslag dat de economie momenteel al op het milieu legt, zijn voor een dergelijke ontkoppeling van economische ontwikkeling en milieugebruik drastische veranderingen nodig, zowel in de productiemethoden als in het gedrag van consumenten. De opgave voor het beleid is dan ook om producenten en consumenten tot milieubesparende gedragsveranderingen aan te zetten. Het internaliseren van externe effecten behoort tot die beleidsopgave, maar om de milieubelasting in de groeiende economie daadwerkelijk terug te dringen is meer nodig. Naast hantering van financieel-economische prikkels lijkt ook een meer directe beïnvloeding van de voorkeuren en preferenties die aan het bestaande gedrag ten grondslag liggen, gewenst.

Op zich zullen echter nooit majeure gedragsveranderingen kunnen plaatsvinden zonder dat deze worden ondersteund door, en samengaan met technologische veranderingen. Sterker nog, technologische vernieuwingen vormen een essentiële voorwaarde voor de gedragsveranderingen die voor een ontkoppeling nodig zijn. Het is een illusie dat zulke gedragsveranderingen zonder technologische vernieuwing te bereiken zouden zijn, maar bijvoorbeeld alleen via een radicale verandering van consumentenpreferenties. Voor een echte ontkoppeling dient de groei van de milieu-

¹ De auteurs zijn resp. hoogleraar Algemene economie, Vrije Universiteit Amsterdam en hoogleraar Milieu-economie, Universiteit van Tilburg. Zij zijn verantwoordelijk voor het onderzoeksprogramma *Milieubeleid, economische herstructurering en endogene technologie: een dynamische beleidsanalyse*, in het kader van het NWO-stimuleringsprogramma Milieu en Economie. Met dank aan Marjan Hofkes, René Kemp en Herman Vollebergh voor nuttige opmerkingen bij een eerdere versie van dit slothoofdstuk.

productiviteit, dit is de milieubelasting per eenheid product, hoger te zijn dan de economische groei.

Dit brengt ons bij de kern van de vraagstelling van het onderzoeksprogramma, waarvan dit boek de resultaten samenvat.: *hoe kan het Nederlandse beleid dat erop gericht is via technologische ontwikkeling de economische groei te bevorderen, worden gekoppeld aan beleid dat erop gericht is gedragsmatige veranderingen uit te lokken, met name via technologische vernieuwing, die tot een vermindering van het milieubederf leiden?* Het onderzoeksprogramma was daarbij bedoeld als een verkenning van de milieubeleidruimte voor Nederland, wanneer rekening wordt gehouden met specifieke kenmerken van de Nederlandse economie, gegeven de bestaande internationale dynamiek en in relatie tot technologische ontwikkeling en sectorstructuurverandering op de lange termijn. De belangrijkste karakteristiek van het onderzoek is dat de technologische ontwikkeling als endogene grootte wordt gezien zodat zicht wordt geboden op zowel de directe als de indirecte invloed van het beleid op technologische verandering en de daarmee samenhangende vermindering van het milieubederf.

Dit laatste hoofdstuk vat de onderzoeksresultaten nog eens samen en plaatst ze in het perspectief van de algemene probleemstelling. De nadruk ligt daarbij op aan te geven welke mogelijkheden het beleid in ons land heeft om technologische veranderingen te stimuleren die gunstig voor het milieu zijn. Zoals uit de voorgaande hoofdstukken blijkt hebben wij ons daarbij hoofdzakelijk tot de energieproductiviteit als onderdeel van de milieu-productiviteit. Eerst schetst de volgende paragraaf van dit hoofdstuk hoe de invloed van de technologie op de productie een centrale plaats in ons onderzoek inneemt. In paragraaf 2 wordt aangegeven welke gevolgen het milieubeleid voor de technologische ontwikkeling heeft en in paragraaf 3 bespreken we de invloed van het technologiebeleid op het milieugebruik. Paragraaf 4 besteedt daarbij apart aandacht aan technologische transitie en over de mogelijkheden voor de overheid om zo'n transitie beleidsmatig te begeleiden. Tot slot bevat paragraaf 5 de conclusies.

1. Technologie en productiestructuur

De invloed van de technologische ontwikkeling op de economische bedrijvigheid en op de efficiëntie van de inzet van productiefactoren wordt door economen meestal

gemodelleerd vanuit het perspectief van de productiefunctie. Het idee daarbij is dat deze modellering via de productiefunctie de belangrijkste elementen van de relatie tussen economische bedrijvigheid en technologie in beeld brengt. In dit verband beschrijft de moderne groeitheorie hoe investeringen in onderzoek en ontwikkeling (O&O) via innovaties en toepassing van die innovaties in de productieprocessen resulteren in een grotere efficiëntie van de inzet van de productiefactoren. Gegeven de inzet van de productiefactoren betekent dit een grotere productie en gegeven de productieomvang betekent het dat deze met mindere inzet van productiefactoren tot stand kan worden gebracht.

In het onderzoeksprogramma beperken wij ons tot drie productiefactoren, namelijk arbeid, kapitaal en energie, waarbij het gebruik van energie het beslag op het milieu representeert. In dit geval zijn er drie mogelijkheden tot verhoging van de efficiency van de productie, namelijk een verbetering van de arbeidsproductiviteit, van de kapitaalproductiviteit en van de energieproductiviteit. Technologische ontwikkeling zal in de meeste gevallen leiden tot een verhoging van de productiviteit van ieder van deze productiefactoren (ook wel een toename van de totale factorproductiviteit genoemd). Maar, zowel bij de ontwikkeling van nieuwe technologie als bij de ingebruikneming daarvan zullen de relatieve prijzen van de productiefactoren van invloed zijn op de richting van de technologische vooruitgang. Zo valt te verwachten dat bij relatief hoge energieprijzen de ontwikkeling en implementatie van de nieuwe technologie vooral op energiebesparing gericht zal zijn, terwijl bij relatief hoge lonen de aandacht zal uitgaan naar arbeidsbesparing. Wanneer de relatieve prijzen van de productiefactoren zich wijzigen, zal bovendien in de implementatie van nieuwe productieprocessen (en soms ook in het gebruik van bestaande productieprocessen) substitutie tussen de productiefactoren plaatsvinden. Zo zal, wanneer de relatieve prijs van energie toeneemt, dit niet alleen leiden tot een verhoging van de energieproductiviteit vanwege het feit dat de technologische vernieuwing zich op energiebesparing richt. Ook zal er bij de implementatie van nieuwe productiemiddelen een verschuiving plaatsvinden van het verbruik van energie naar de overige productiefactoren indien de technologische mogelijkheden daartoe bestaan. Een kernvraag in ons onderzoeksprogramma is dan ook in welke mate door de overheid geïnstrumenteerde relatieve prijsveranderingen van invloed kunnen zijn op deze substitutie tussen de productiefactoren en op de richting van de technologische

vernieuwing. Prijsveranderingen zijn daarbij ruim op te vatten: wanneer regulering en quotering aanleiding geven tot prijsveranderingen hebben deze in beginsel dezelfde invloed op de substitutie tussen productiefactoren en op de richting van de technologische verandering als beleid dat direct op de prijzen aangrijpt.

Kleine groeimodellen

Met de probleemstelling van het onderzoeksprogramma sluiten wij aan op veel recent internationaal onderzoek dat zich bezig houdt met de relatie tussen milieu, energiegebruik en technologische ontwikkeling. Dit deel van het onderzoeksprogramma maakt gebruik van kleine maar toch gecompliceerde macro-economische groeimodellen waarin de groei via investeringen in O&O geëndogeniseerd is. Zo illustreren Bretschger en Smulders (2002) met een model van dat type hoe economische groei waarbij uitputbare natuurlijke hulpbronnen worden gebruikt, kan samengaan met onbeperkte en houdbare economische groei. Hun argumentatie is ontleend aan een twee-sector model met een sector voor productie en een sector voor investeringen in O&O die tot innovatie leiden. In dit model is, om duurzaamheid te bereiken, niet eens een hoge substitutie-elasticiteit nodig tussen energiegebruik en de inzet van kapitaal, maar is juist een lage substitutie-elasticiteit tussen kapitaal en natuurlijke hulpbronnen gunstig voor de economische groei. Dankzij deze lage substitutie-elasticiteit wordt namelijk in de productiesector de productie die veel gebruik maakt van natuurlijke hulpbronnen snel duurder. Dit betekent dat meer geschoolde arbeid vrij komt om de innovatie te bevorderen, zodat daarom de factorproductiviteit stijgt en er snel minder natuurlijke hulpbronnen voor de productie nodig zijn.

Dit soort theoretische exercities met kleine groeimodellen gaan uit van rationaliteit en bovendien in eerste instantie veelal van volledige informatie. Op ieder moment worden de bedrijven geacht de best beschikbare technieken te benutten en, gegeven de prijzen, de productiefactoren in optimale verhoudingen in te zetten, waarbij ook nog volgens de meer-sectoren modellen een optimale verdeling van de productiefactoren over de verschillende sectoren wordt bereikt. In een verwant type groeimodellen wordt bovendien rekening gehouden met de verzonken kosten die investeringen in kapitaalgoederen met zich meebrengen en met het feit dat deze kapitaalgoederen pas in de loop van de tijd productiever worden omdat men er dan

mee geleerd heeft te werken. In deze modellen worden verschillende *jaargangen* kapitaalgoederen onderscheiden, waarbij kapitaalgoederen niet direct door nieuwere en meer efficiënte kapitaalgoederen vervangen worden omdat eerst de investeringskosten dienen te worden terug verdiend (zie b.v. Den Butter en Hofkes, 2001). Aldus geven deze jaargangen-modellen aan dat het een optimale strategie en volledig rationeel kan zijn voor een bedrijf om oude productiemiddelen in bedrijf te houden terwijl allang nieuwe productiemiddelen beschikbaar zijn die zowel wat energieverbruik als wat betreft de inzet van arbeid efficiënter zijn dan de bestaande jaargangen.

Schijnbaar irrationeel gedrag...

Twee hoofdstukken in dit boek (De Groot c.s, hoofdstuk 3, en Van Soest, hoofdstuk 4) laten zien dat ook bepaalde vormen van onzekerheid en de daarmee samenhangende onvolledige informatie over de toekomst een verklaring kunnen bieden voor een dergelijk schijnbaar irrationeel gedrag. Zij baseren zich daarbij op de ideeën van Dixit en Pindyck (1994). Deze schijnbare irrationaliteit wordt wel aangeduid als de “*energie-efficiëntie paradox*”. Daarmee wordt bedoeld dat technologieën die op basis van een netto contante waarde bepaling als winstgevend worden beschouwd, in de praktijk niet worden geadopteerd. De paradox wordt opgelost door te herkennen dat er sprake kan zijn van *opportunity costs* van het installeren van een technologie op een bepaald tijdstip, in de zin dat wachten met installeren de onzekerheid kan verminderen. Bij die onzekerheid moet men bijvoorbeeld denken aan onzekerheid over de deugdelijkheid van de technologie, onzekerheid over de prijsontwikkelingen en onzekerheid over het overheidsbeleid. Als een investering niet kosteloos ongedaan kan worden gemaakt en wachten nieuwe informatie oplevert, is er een prikkel om de nieuwe technologie niet meteen te adopteren. De onmiddellijke implicatie voor het beleid is natuurlijk dat die onzekerheden verkleinen bevorderlijk is voor de adoptie en diffusie van nieuwe technologie. Consistent overheidsbeleid maar ook actieve betrokkenheid bij het testen en ontwikkelen van nieuwe technologie zijn voorbeelden die kunnen bijdragen aan het verkleinen van die onzekerheden.

..of zijn er ook echte win-win situaties?

De rationaliteitshypothese als zodanig staat ook ter discussie. In het algemeen wordt het onwaarschijnlijk geacht dat bedrijven altijd rationele beslissingen nemen. Veel empirisch onderzoek laat zien dat bedrijven vaak niet op de *efficiency frontier* zitten. Afgezien van individuele verschillen tussen bedrijven, kan het zijn dat de reden is dat bedrijven het ook binnen hun eigen restricties simpelweg beter zouden kunnen doen. Dit geeft weer aanleiding tot ideeën voor *win-win* beleid. Zo stellen Porter (1991) en anderen dat een streng milieubeleid tot algehele herbezinning binnen bedrijven kan leiden met als effect dat ze niet alleen op milieugebied maar ook op andere terreinen productiviteitswinsten realiseren en daardoor opschuiven naar de *efficiency frontier*. Dit idee van een shocktherapie is natuurlijk niet voorbehouden aan milieubeleid maar is wel in dat kader door Porter aan de orde gesteld. Voordeel voor het milieu en voordeel voor het bedrijf kan, in een internationale context, ook langs de weg van een *first-mover advantage* vorm krijgen. Streng milieubeleid in het ene land dwingt bedrijven aldaar om eerder over te schakelen op nieuwe productietechnieken. Dit kan een comparatief voordeel geven op het moment dat ook andere landen streng milieubeleid gaan voeren en bedrijven ook daar gedwongen worden om hun technologie aan te passen. Critici verwijten Porter dat hij zijn ideeën alleen ondersteunt met *success stories* en weinig aandacht geeft aan de gevallen waar het niet werkt. *Win-win* situaties moeten benut worden maar niet alles is zo eenvoudig en er zal veelal juist sprake zijn van *trade-offs*. Zeker in kringen van economen bestaat daarom de nodige scepsis over de ideeën van Porter, omdat het milieubeleid wordt afgeschilderd als eenvoudig en goed voor alles en onderzoekers daarmee ontslagen worden van de verplichting een analyse te maken van alle mogelijke consequenties.

Evolutionair denken

Ook vanuit het evolutionair perspectief staat men kritisch tegenover de hypothese van rationaliteit. In de evolutionaire economie wordt technologische ontwikkeling opgevat als een proces van variatie en selectie. Het is niet zo dat de variatie maar op goed geluk ontstaat en dat de selectie niet bewust beïnvloed kan worden, maar het model dat er een optimale keuze gemaakt wordt uit een verzameling van alternatieven staat niet meer centraal. Er worden ontwikkelingspaden beschreven met een startfase, een versnellingsfase en een verzadigingsfase. De resulterende *S-curve* vertoont grote overeenkomst met het standaard model voor diffusie en adoptie van technologie maar de achterliggende dynamiek wordt complexer verondersteld. Het begrip *niche* krijgt

gestalte als een situatie waar nieuwe technologieën worden uitgetoetst.. Efficiëntieverbeteringen binnen de bestaande technologische structuur zijn weliswaar nog steeds mogelijk, maar daarvoor geldt dat de meeropbrengsten van de investeringen in technologische kennis afnemen. Gezegd wordt wel dat het laaghangende fruit reeds is geplukt. Daarom verschuift de aandacht naar fundamentele technologische veranderingen. Een ander belangrijk aspect van deze benadering is dat de technologische ontwikkeling niet op zichzelf staat maar dat beter gesproken kan worden van co-evolutie of van socio-technische evolutie. Naast technologische verandering zijn de maatschappelijke en institutionele veranderingen en de interactie tussen de twee van essentieel belang. Er wordt dan ook wel gesproken over transities. Hoofdstuk 2 (Geels en Kemp) van dit boek geeft een overzicht van deze benadering, die meer uitgebreid in paragraaf 5 van dit slothoofdstuk aan de orde komt. De begrippen en de holistische benadering spreken aan en geven een handvat om historische ontwikkelingen te beschrijven.

Afruil tussen economische groei en duurzaamheid?

Zoals in de inleiding is vermeld is een kernvraag van ons onderzoekprogramma hoe een beleid gericht op economische groei via bevordering van de arbeidsproductiviteit samen kan gaan met beleid gericht op duurzaamheid waarbij in een groeiende economie de milieuproductiviteit (in casu de energieproductiviteit) verhoogd dient te worden. De reden dat deze beide doelstellingen mogelijkweliswaar conflicteren is de hypothese van een afruil, bij een gegeven totale onderzoeksinspanning, tussen arbeidsbesparende en energiebesparende technologische ontwikkeling. In hoofdstuk 5 beschrijft Smulders een deel van de theoretische discussie. Het uitgangspunt is dat milieubeleid economische variabelen en daarmee de technologische ontwikkeling beïnvloedt: technologie is dus endogeen. In eerste instantie lijkt die aanname gunstig. Door het de facto vergroten van de opties wordt milieubeleid makkelijker dan bij een aanname van exogene technologische ontwikkeling het geval zou zijn. Het beeld verandert echter als we de stap zetten van partieel naar algemeen evenwicht. In het algemeen is milieubeleid ook een kostenpost en remt daarmee innovatie en technologische ontwikkeling. Aan de ene kant zal milieubeleid een positief effect hebben op schone innovaties maar aan de andere kant een negatief effect hebben op de meer traditionele innovaties. Porter kan gelijk hebben door zich te concentreren op cases in bepaalde sectoren maar de stelling dat milieubeleid in het algemeen goed is

voor de totale innovatie en de productiviteitsgroei bevordert is niet te onderbouwen. In dit verband constateert Smulders dat de verschuiving van investeringen in O&O in de richting van energiebesparende technologieën weliswaar de energieproductiviteit zullen verhogen maar wellicht een negatief effect zullen hebben op de productiviteit van de andere productiefactoren. Voor het beleid is daarom een empirische analyse met betrekking tot de arbeidsproductiviteit en de energieproductiviteit, en de mogelijke afruil daartussen, van belang.

Empirie

In hoofdstuk 6 van dit boek rapporteren Mulder c.s. over hun empirisch onderzoek van deze afruilhypothese. Omdat de industrie zowel veel energie gebruikt als een relatief hoge groei van arbeidsproductiviteit en energieproductiviteit kent, concentreren de auteurs hun empirische analyse op die sector. Daarbij wordt voor de toetsing van de afruil-hypothese gebruik gemaakt van gegevens van OESO-landen over arbeidsproductiviteit en energieproductiviteit, opgesplitst naar verschillende industriële sectoren. Eerst worden de eigenlijke efficiëntie-effecten gescheiden van de structureffecten (vanwege verschuivingen tussen sectoren). Hieruit blijkt dat, zeker bij de arbeidsproductiviteitsgroei, de efficiëntie-effecten veel groter zijn dan de structurele effecten. Bij de energieproductiviteit ligt dat iets genuanceerder.

Nu blijkt bij berekening van de correlatie tussen de gecorrigeerde groeicijfers van arbeidsproductiviteit en energieproductiviteit dat deze over het algemeen positief is. Dit levert dus geen directe bevestiging van de afruil-hypothese. Hiervoor is een aantal redenen aan te voeren:

- (i) het argument van schaalvoordelen: relatief grote sectoren scoren goed in beide dimensies van de productiviteitsgroei (zie Smulders en De Nooij, 2003);
- (ii) er zijn sowieso sectoren met hoge totale productiviteitsgroei en sectoren met lage totale productiviteitsgroei, en, gegeven het vigerend (milieu)beleid wordt in alle gevallen een evenredige verdeling tot stand gebracht tussen arbeidsproductiviteit en energieproductiviteit.

Kortom, in het laatste geval is wel sprake van een afruil maar blijft deze in de gegevens achter een andere dynamiek verborgen.

Dit empirisch onderzoek van de afruilhypothese levert de volgende conclusies op:

- (i) Een verdere verschuiving van de industrie naar de diensten is vanuit het oogpunt van de arbeidsproductiviteit weliswaar niet zo gunstig maar vanuit het oogpunt van duurzaamheid wel, aangezien het energieverbruik in de dienstensector slechts een fractie is van dat in de industrie;
- (ii) *technologiebeleid* dat met name de algemene groei van de productiviteit bevordert is, gegeven de huidige relatieve kostenverhoudingen tussen arbeid en energie (of, in ruimere zin, milieu), zowel goed voor de arbeidsproductiviteit als voor de energieproductiviteit;
- (iii) bij de huidige kostenverhoudingen kan een geslaagd technologiebeleid (met hoge productiegroei) impliceren dat er geen sprake is van ontkoppeling en een reductie van energiegebruik (dus geen ontwikkeling richting duurzaamheid). Dit geldt wanneer de productiegroei groter is dan de groei van de energieproductiviteit, of anders gezegd, wanneer de groei van de arbeidsproductiviteit bij (minstens) gelijkblijvende werkgelegenheid groter is dan de groei van de energieproductiviteit. In dat geval moet het *milieubeleid* (vanuit het oogpunt van duurzaamheid) voor een zodanige wijziging in de verhouding van de factorkosten zorgen dat de groei van de energieproductiviteit de productiegroei overtreft.

2. Milieubeleid en technologie

De belangrijkste vraag van dit slothoofdstuk is welke beleidslessen uit dit boek kunnen worden getrokken. Doel van het beleid daarbij is de technische ontwikkeling zodanig te beïnvloeden dat de doelstellingen van economische groei en duurzaamheid en energiegebruik met elkaar in harmonie worden gebracht. Aangezien het in dit boek beschreven onderzoekprogramma is ingebed in, en bijdraagt aan, het internationale onderzoek op dit gebied, liggen de door ons vergaarde lessen natuurlijk ook in het verlengde van wat de internationale literatuur ons hierover te zeggen heeft (vgl. Jaffe, Stavins en Newell, 2002). Deze paragraaf handelt over de bijdrage van het onderzoeksprogramma aan de kennis over de invloed die het milieubeleid op de technologische ontwikkeling heeft.

Milieubeleid richt zich op negatieve externe effecten

Vooraf dient hierbij te worden opgemerkt dat het milieubeleid primair ten doel heeft om het milieubederf tegen te gaan en dat de invloed van dit beleid op de technologische ontwikkeling uitsluitend een afgeleide van dit doel is. Evenzo heeft de technologiebeleid als primaire doelstelling om de technologische ontwikkeling ten behoeve van de economische groei te bevorderen en zijn ook hier de gevolgen voor het milieu een afgeleide van de primaire doelstelling. Waarom behoort het tot de taak van de overheid om milieubeleid te voeren? De belangrijkste economische legitimatie voor dit beleid is dat het gebruik van het milieu, in meer specifieke zin van energie, *negatieve externe effecten* met zich mee brengt. Dit is de vorm van marktfalen die ten grondslag ligt aan het milieubeleid. Het beleid probeert dan met allerlei instrumenten, zoals heffingen, gebruiksrechten en quota (wel of niet verhandelbaar), regulering en normstelling, de externe effecten zo goed mogelijk te internaliseren. Vrijwel altijd zal dit, direct of indirect, tot gevolg hebben dat de prijs van het milieugebruik toeneemt. Anders gezegd: dat de ongeprijsde of te laag geprijsde schaarste een juiste prijs krijgt.

Voor het milieugebruik, of in ons programma het energiegebruik, heeft zo'n relatieve prijsverhoging drie effecten. Ten eerste vindt in de productie of bij het consumeren een substitutie plaats naar minder milieuintensieve productie of consumptie. Dit is het gebruikelijke prijseffect. Het tweede effect is dat bij optimale beslissingen over investeringen in O&O de aandacht vooral gericht wordt op energiebesparende technologieën en daarbij naar verhouding minder op productiviteitsverhoging van de overige productiefactoren. Dit is althans de verwachting vanuit het theoretische perspectief maar wordt niet (direct) onderschreven in het empirisch onderzoek over de relatie tussen energieproductiviteit en arbeidsproductiviteit (zie de vorige paragraaf). Een derde effect is dat de productie op zich duurder wordt en dat daarmee dus een relatief groter deel van de beschikbare middelen zal worden besteed aan technologische ontwikkeling, hetgeen in beginsel tot een snellere technologische vernieuwing leidt.

Gevolgen van energieprijzen voor de productiestructuur

De twee laatste effecten hebben centraal gestaan in ons onderzoeksprogramma. Met betrekking tot het *derde* effect is vooral gekeken naar de *energie-efficiëntie paradox*.

Een aanleiding daartoe is onder meer dat in het beleid systematisch te hoge verwachtingen bestaan over de technologische mogelijkheden. Hoe kan verklaard worden dat de snellere technologische vernieuwing toch tegenvalt omdat beschikbare betere technologieën niet meteen geadopteerd worden? Zoals in de vorige paragraaf al is aangeduid, kan onzekerheid over de winstgevendheid van nieuwe energiebesparende technologieën het toepassen van die technologieën sterk vertragen (zie De Groot c.s., hoofdstuk 3, en Van Soest, hoofdstuk 4). Wat zijn de gevolgen voor het milieubeleid dat erop gericht is om nieuwe energiebesparende technologieën snel toe te passen? In de eerste plaats moet de onzekerheid rond het beleid zelf weggenomen worden en moet het betrouwbaar en tijdsconsistent zijn. Daarnaast moet het beleid erop gericht zijn om energiebesparende investeringen een goede kans te geven. Dat kan betekenen dat nieuwe initiatieven in de beginfase een zekere bescherming moeten krijgen om zich te kunnen ontwikkelen en zichtbaar te worden als een goed alternatief voor de oude technologie. In de termen van de evolutionaire benadering kan niche-management nodig zijn. Dat kan ook betekenen dat het milieubeleid wat zwaarder moet worden aangezet om te bewerkstelligen dat een bestaande technologie die op den duur weinig mogelijkheden tot efficiencyverbetering biedt, wordt verlaten. Door gewinning en belangen kan de samenleving vastzitten in een bestaande technologie alhoewel dat duidelijk niet optimaal is (*lock-in*). Aan de ene kant hebben leerprocessen bijgedragen aan verbetering van een bestaande technologie maar aan de andere kant wordt het dan ook moeilijker om over te stappen op een andere technologie. Als die overstap toch gewenst is moet het beleid diensgevolge zwaarder inzetten. Pigouvianse milieuheffing is voldoende in een wereld waarin optimale keuzes worden gemaakt maar daarbuiten kan meer nodig zijn.

Van Soest kijkt in hoofdstuk 4 ook naar de afhankelijkheid van de energieprijzen en naar de keuze van instrumenten. Als de prijs stijgt na eerst weer gedaald te zijn, dan heeft dat een ander effect dan een voortdurende prijsstijging. De reden is dat het bedrijfsleven in het eerste geval de technologiekeuze al eerder op dat prijsniveau heeft afgesteld terwijl het prijsniveau in het tweede geval een nieuwe keuze uitlokt. Dit betekent dat wanneer het niveau van de energieprijzen historisch gezien relatief laag is, energieheffingen niet noodzakelijk energiebesparende investeringen teweegbrengen. Ook de volatiliteit van de prijzen speelt een belangrijke rol. Hoe groter de volatiliteit

hoe minder de ondernemers bereid zijn om in energiebesparende technologie te investeren. Milieubeleid moet dan ook rekening houden met de historie van een aantal relevante variabelen. In een periode dat de energieprijzen relatief hoog zijn kan een energieheffing het gewenste resultaat hebben. In een periode dat de energieprijzen relatief laag zijn mag echter verwacht worden dat een energieheffing weinig effect sorteert. Een forse heffing wellicht wel maar dat stuit weer op andere bezwaren.

Instrumentkeuze in het milieubeleid

De keuze van instrumenten is een oude discussie in de milieueconomie en is in het kader van dit boek relevant omdat deze keuze van invloed kan zijn op de manier waarop het milieubeleid de technologische ontwikkeling beïnvloedt. In het algemeen zullen economen heffingen prefereren boven quota vanwege de efficiëntie eigenschappen. Weitzman (1974) laat echter zien dat in geval de kosten en baten van milieubeleid onzeker zijn, het beter kan zijn om het instrument quota te gebruiken. Van Soest onderzoekt welk instrument het meest geschikt is voor het aansturen van investeringen in nieuwe energiebesparende technologie onder onzekerheid. Ook in dat geval zijn heffingen niet onder alle omstandigheden te verkiezen boven quota. Als bijvoorbeeld het huidige machinepark is toegesneden op een energieprijs die hoger is dan de huidige (in geval van prijsdalingen), dan zullen heffingen slechts tot een verhoging van de productiekosten leiden zonder additionele investeringen in nieuwe energiebesparende technologieën. Ook in omstandigheden waarin onzekerheid over de toekomst groot is, kunnen quota effectiever zijn dan heffingen.

In hoofdstuk 7 evalueert Vollebergh de verschillende energiebelastingen in Nederland met het oog op het verminderen van emissies die klimaatverandering veroorzaken. In theorie is het optimaal om emissies direct te belasten maar dat geldt onder de veronderstelling dat meting van de emissies en implementatie van de heffing weinig kosten. In veel gevallen lijkt het beter om de inputs te belasten in plaats van de outputs. Weliswaar gaan daarmee prikkels verloren in het productieproces zelf maar het verschil in kosten van meting en implementatie kan dit ruimschoots compenseren. Vervolgens betoogt Vollebergh dat het aan te raden is om dan ook het koolstofgehalte van de inputs te belasten. Vanuit de gedachte van de materiaalbalans is dat het aanknopingspunt met een directe verbinding naar de emissies die gereduceerd moeten worden. Overigens kan ook een inputbelasting verkeerde prikkels in het

productieproces geven. Dit is het geval als koolstofverbindingen in het proces recycled kunnen worden. Deze moeten dan natuurlijk niet steeds weer onder de inputbelasting vallen.

Internationale dimensie

Tenslotte roept ook de internationale dimensie vragen op over de relatie tussen milieubeleid en technologische ontwikkeling. Verdelingsvraagstukken tussen landen, bij de aanpak van het wereldwijde klimaatprobleem bijvoorbeeld, maar ook verdelingsvraagstukken tussen sectoren binnen die landen waar het milieubeleid wordt aangescherpt. In hoofdstuk 10 kijken De Groot en Smulders naar een kleine open economie, zoals de Nederlandse economie. Omdat de prijzen op de wereldmarkt bij concurrentie niet sterk zullen veranderen, zal milieubeleid met name effect hebben op de sectorstructuur van de economie. Milieubeleid verandert het comparatief voordeel van landen en productie zal zich diensgevolge gaan verplaatsen. Dat is ook de bedoeling omdat er dan schoner geproduceerd gaat worden maar dat voordeel gaat verloren in geval van grensoverschrijdende vervuiling. In dat geval heeft milieubeleid (bijvoorbeeld klimaatbeleid) alleen zin als verwacht mag worden dat ook in andere landen milieubeleid geïmplementeerd gaat worden.

Op korte termijn kunnen transitie- en verdelingsproblemen ontstaan. Deels zijn deze kosten te vermijden door milieubeleid tijdig en geloofwaardig aan te kondigen zodat werknemers en bedrijven hier tijdig op in kunnen spelen. Vanuit economisch oogpunt zijn er geen redenen om sectoren die in sterke mate bloot staan aan concurrentie te ontzien. Tijdelijke compensatie aan getroffen sectoren is wel wenselijk maar mag aanpassingen niet in de weg staan. Als sectoren macht hebben op internationale markten, verandert het verhaal. Immers, dan kunnen milieukosten doorberekend worden in de prijzen. Het hangt dan van de prijselasticiteit en van het effect op de ruilvoet af wat de bijkomende effecten van milieubeleid zullen zijn. De Groot en Smulders rekenen ook een en ander door met het model WorldScan. De resultaten stroken met de bevindingen uit de theoretische en empirische literatuur. Bovendien vinden ze interessante kwantitatieve indicaties. Het naleven van de afspraken in de amenderingen van het Kyoto Protocol kost West-Europa gemiddeld in 2010 ongeveer 0,2% van het nationaal inkomen en de werkgelegenheid neemt gemiddeld met ongeveer 0,4% af (met duidelijke verschillen tussen de individuele landen). Dit zijn

interessante gegevens voor de beleidsdiscussie. Als de Verenigde Staten wel mee doen aan Kyoto, zullen de kosten voor de West-Europese landen meer dan verdubbelen, omdat de mogelijkheden voor verplaatsing verminderen.

3. Technologiebeleid en milieu

Terwijl bij het milieubeleid negatieve externe effecten redenen tot overheidsingrijpen vormen, gaat het bij het technologiebeleid juist vooral om *positieve externe effecten*. Het marktfalen betreft hier het feit dat de revenuen van investeringen in technologisch onderzoek vrijwel nooit volledig toevloeien aan degenen die in dit onderzoek investeren. Onderzoek en ook de implementatie van technologische vernieuwingen kent nu eenmaal uitstralingseffecten waarbij derden in hun bedrijfsvoering of in het verdere onderzoek van de opgedane ervaring gebruik kunnen maken. Technologische kennis heeft voor een deel het karakter van een niet-rivaliserend en publiek goed. Vandaar dat, wanneer de investeringsbeslissingen volledig aan de markt worden overgelaten er in het algemeen sprake is van een onderinvestering. Weliswaar kan de overheid er toe bijdragen dat de eigendomsrechten van de technologische kennis via patenten e.d. volledig toekomen aan degenen die in deze kennis geïnvesteerd hebben, maar vanuit een maatschappelijk oogpunt is het dan weer niet optimaal dat anderen niet van deze kennis kunnen meeprofiten en erop kunnen voortbouwen. Vandaar dat het instrumentarium van het technologiebeleid erop gericht is onderinvesteringen in technologische kennis te vermijden, en de investeringen in deze kennis en de verspreiding ervan te bevorderen. Moderne economische theorieën over investeringen in technologische kennis leren weliswaar dat de zaken wat subtieler liggen en dat er sprake kan zijn van casuïstiek waarin positieve en negatieve externe effecten tegen elkaar afgewogen moeten worden (zie bijvoorbeeld Jones en Williams, 1998), maar dit neemt niet weg dat het technologiebeleid er toch vooral op gericht is om kennisproductie en diffusie te bevorderen en om netwerkvorming te stimuleren.

Generiek versus specifiek beleid

Daarbij gaat het om subsidies, fiscale stimuleringsmaatregelen, het bevorderen van samenwerking en clustervorming via financiële prikkels en de organisatie van kennis- en informatieoverdracht. Vraagpunt is dan in hoeverre het technologiebeleid een generiek dan wel een specifiek karakter dient te hebben. Helaas blijkt deze vraag niet in zijn algemeenheid te beantwoorden. Immers, het beleid dient in eerste instantie

gericht te zijn op het internaliseren van externe effecten. Voor de keuze van het juiste beleidsinstrument, en daarbij voor de bepaling van de specifieke gerichtheid van het beleid, dient er kennis te zijn over het karakter van de externe effecten. De wens van het beleid om een bepaalde technologie te ondersteunen dient voort te vloeien uit de wetenschap dat die specifieke technologie grotere positieve externe effecten met zich meebrengt dan alternatieve technologieën die minder ondersteuning krijgen. Een generiek beleid verdient de voorkeur wanneer de overheid niet een dergelijke kennis heeft over de mogelijke verschillen in uitstralingseffecten tussen de technologieën.

Toch geldt dat het succesvol toepassen van technologische kennis om milieuproblemen te bestrijden vaak een kwestie van maatwerk is (zie ook Pieters e.a., 2001, blz. 416). Het gaat immers meestal om de toepassing van op zichzelf bekende technische principes (bijvoorbeeld uit de elektronica, de materiaalkunde of de “motor techniek”) op een bepaald productieproces. Voor het ontwerpen van dergelijke nieuwe technologieën is het nodig om vooraf de specificaties op te stellen waaraan de nieuwe techniek zou moeten voldoen. Als de overheid het aanbod wil bevorderen zal dat dus vooral moeten beginnen bij concrete toepassingen. Bijgevolg is het stimuleren van schonere technologieën door aanbodbeleid hoofdzakelijk een vorm van *specifiek* technologiebeleid en zelden *generiek*, dat wil zeggen “technologie en sector blind”. Hiermee wordt bedoeld dat dit beleid niet gericht is op het bevoordelen van een bepaalde technologie en of bepaalde sector.

Als het beleid een bepaalde technologie bevoordeelt, wordt het succes afhankelijk van de kansen van de bevorderde techniek op de markt, in concurrentie met andere technologieën die niet zijn ondersteund, en het economische lot van de betreffende sector. Hier tekent zich een belangrijk dilemma af. Technologiebevordering heeft de grootste betekenis als het toegespitst is op bepaalde technieken in bepaalde toepassingen. Maar als gevolg daarvan neemt de overheid het risico dat zij technologieën en sectoren ondersteunt die later niet levensvatbaar blijken te zijn. Maar ook aan het niet stimuleren van milieutechnologieën kleven risico's. Mogelijke voordelen voor het milieu worden dan niet gerealiseerd en het gevaar bestaat dat later technologieën die door anderen zijn ontwikkeld zullen moeten worden gekocht. Het risico dat de overheid de verkeerde technologieën en sectoren steunt is niet altijd even groot. Als zich een urgent concreet milieuprobleem voordoet, en dus de

maatschappelijke roep om een snelle oplossing groot is, is het risico beperkt wanneer de technische opgave goed overzienbaar is. Vaak, maar niet altijd, zullen de (aanvankelijke) oplossingen dan gezocht worden in toegevoegde technieken. Ook als later blijkt dat dit op langere termijn niet de meest doelmatige technieken zijn, is dan toch op zijn minst tijd gewonnen om zonder onaanvaardbare milieuschade doelmatiger technieken te ontwikkelen. Vanzelfsprekend kan het risico van een verkeerde keuze ook beperkt worden als de overheid tegelijkertijd meerdere alternatieven ondersteunt (bijvoorbeeld door alle nieuwe technologieën te ondersteunen die beloven de emissies van CO₂ per eenheid opgewekte of gebruikte energie onder een bepaald niveau te brengen), maar dat maakt het beleid in beginsel ook duurder.

Naarmate de milieu-uitdagingen meer procesgeïntegreerde oplossingen vergen wordt het risico van een verkeerde keuze in beginsel groter. Overigens betekent dat niet dat daarom moet worden afgezien van een aanbodstimuleringsbeleid. Een geslaagd experiment kan immers aantonen hoeveel het milieubeleid op het betreffende onderdeel ten minste goedkoper of doelmatiger kan worden. Ook als later zou blijken dat andere technische oplossingen doeltreffender en/of doelmatiger zijn, is in ieder geval voor een bepaalde tijd een ijkpunt gevonden waarop de vergunningseisen kunnen worden afgestemd.

Trage adoptie van nieuwe technologieën

Zoals gezegd is het technologiebeleid gericht op het bevorderen van de technologische ontwikkeling en daarmee van de economische groei in zijn algemeenheid, en niet specifiek op milieubesparing. Dat hoort ook zo te zijn. Maar in het kader van ons onderzoekprogramma gaat het meer in het bijzonder om de invloed die het technologiebeleid op het milieu heeft. In dit licht beargumenteert de studie van Mulder, De Groot en Hofkes (2003) waarom de toepassing en verspreiding van energiebesparende technologieën langer kan duren dan op het eerste gezicht nodig lijkt. De suggestie is dan dat er win/win situaties blijven liggen. Deze inherente traagheid van toepassing en verspreiding beschrijven Mulder c.s. aan de hand van een jaargangenmodel waarbij de jaargangen complementair zijn zodat benutting van een combinatie van verschillende jaargangen productievoordelen oplevert. Daarenboven wordt er in deze modellering de realistische veronderstelling gemaakt dat er

leereffecten zijn waarbij jaargangen productiever worden naarmate men er langer mee heeft geleerd te werken. Dit ‘learning by using’ effect betekent dat een bedrijf opgebouwde ervaringskennis vernietigt wanneer nieuwe jaargangen in gebruik worden genomen en oude jaargangen buiten gebruik worden gesteld. Dit verschaft aan de bedrijven een bijkomend argument om niet altijd de nieuwste technologie te kiezen maar ook om in beproefde, oude technologieën te investeren. Gekoppeld aan de vertraging ten gevolge van onzekerheid, zoals beschreven in de vorige paragrafen, ontstaat er zo een verzameling van inzichten in mechanismen die adoptie en diffusie van technologieën in het algemeen, en energiebesparende in het bijzonder, kunnen vertragen. Deze inzichten leiden op hun beurt weer tot implicaties voor het beleid dat rekening moet houden met die mechanismen. Onzekerheid zoveel mogelijk wegnemen, wat zwaarder inzetten om lock-in te pareren, maar ook rekening houden met de complementariteit tussen jaargangen zijn de logische antwoorden op deze inzichten.

Het onderzoek over complementariteit geeft ook een mooi voorbeeld van de interactie tussen milieubeleid en technologiebeleid. Volgens het model leidt een toename van de energie-efficiëntie tot een versnelling van de afstoot van de oude technologie en daarmee tot een toename van de vraag naar nieuwe kapitaalgoederen. Dat komt omdat het samenstel van kapitaal en energie goedkoper wordt. De verhoogde energie-efficiëntie leidt tot een lagere energievraag terwijl, onder de veronderstelling dat er geen substitutiemogelijkheden tussen kapitaal en energie zijn, de toename van de vraag naar kapitaalgoederen de energievraag eveneens doet toenemen. Ook volgt uit dit model dat een belasting op energie de verspreiding van nieuwe, energiebesparende technologie bevordert en een substitutie van kapitaal naar arbeid tot gevolg heeft. Vanwege beide ontwikkelingen neemt de vraag naar energie af. Aldus hangt de totale ontwikkeling van de energievraag in het model af van de omvang van de energiebelasting en de mate waarin bedrijven geprikkeld worden om hun energie-efficiëntie op te voeren.

Nut en onnut van subsidies

Subsidies vormen een beleidsinstrument van het technologiebeleid waarvan de merites uitvoerig in ons onderzoeksprogramma zijn belicht. Vanuit het perspectief van de positieve externe verspreidingseffecten van investeringen in technologische

kennis kan subsidiëring ertoe bijdragen dat onderinvesteringen in deze kennis vermeden wordt. Verschillende studies uit ons onderzoeksprogramma tonen echter aan dat hier flink wat addertjes onder het gras zitten en dat zeer prudent met het instrument van de subsidiëring dient te worden omgegaan. Zo is een belangrijk nadeel van subsidiëring dat, wanneer de subsidiëring een generiek karakter heeft, dit een aanzienlijk ‘deadweight loss’ met zich mee kan brengen. Dit houdt in dat een deel van de nieuwe technologieën ook zonder subsidie zouden zijn ontwikkeld en in gebruik genomen. In die zin is een deel van de subsidies dus verspild geld, maar men weet niet op voorhand om welke deel van de subsidies het gaat. Anders gezegd, de subsidiegever heeft geen mogelijkheid om ‘free riders’ uit te sluiten.

Jaargangenmodel

Ook De Groot, Mulder en Van Soest (2002) plaatsen kanttekeningen bij het gebruik van het subsidieinstrument om toepassing van de energiebesparende technologie te bevorderen. Zij baseren hun waarschuwing op een klein theoretisch jaargangenmodel met endogene technologische ontwikkeling waarbij onzekerheid bestaat over de mate waarop de technologische vernieuwing toeneemt. Daarbij is de beslissing om een nieuwe technologie toe te gaan passen gebaseerd op een afweging waarbij de optiewaarde van die nieuwe technologie wordt berekend. Subsidies hebben tot gevolg dat de optiewaarde hoger wordt en dat dus de snelheid waarmee nieuwe technologieën worden toegepast, toeneemt. Op de korte termijn heeft het een toename van de energie-efficiëntie tot gevolg. Op de lange termijn kan zo'n snelle toepassing echter onvoordelig blijken te zijn, omdat bij langer wachten een nog efficiëntere technologie beschikbaar zou zijn gekomen, zodat op den duur de energie-efficiëntie zonder subsidie juist hoger zou zijn uitgekomen. Al met al toont ook dit onderzoeksresultaat aan dat een zeer zorgvuldige vormgeving van subsidiëring nodig is om het marktfalen van onderinvesteringen in milieubesparende technologieën op te heffen.

Empirie

In de door Aalbers c.s. in hoofdstuk 8 beschreven empirische analyse is het aandeel van de free riders bepaald voor twee verschillende subsidieprogramma's van de Nederlandse overheid: de Energie-investeringsaftrek voor de non-profit sector en bijzondere sectoren (EINP) en de Energie-investeringsaftrek (EIA). Het onderzoek ondersteunt de indruk dat de subsidies, en meer specifiek subsidies die tot doel

hebben de toepassing van energie-efficiënte technologieën te verhogen, flinke deadweight losses met zich meebrengen. Het is van essentieel belang om hiermee bij de vormgeving van de subsidies rekening te houden. Het onderzoek toont namelijk aan dat de aard van de technologie die gesubsidieerd wordt een belangrijke determinant is voor de kans dat free riders met de subsidieregeling meeliften. Het geschatte aandeel free riders verschilt aanzienlijk tussen de verschillende gesubsidieerde technologieën. Dit leidt tot de beleidsaanbeveling om de subsidies toch op specifieke technologieën te richten en er voor te waken om subsidies te verstrekken voor de toepassing van technologieën die toch al winstgevend zijn.

4. Technologische transities

Het accent van de eerder vermelde beleidsimplicaties, die volgen uit de resultaten van ons onderzoeksprogramma, ligt met name op technologische vernieuwingen binnen de bestaande technologische systemen. Het laat zich aanzien dat de grote wereldwijde milieuproblemen (zoals de klimaatproblematiek), zoals opgemerkt in de inleiding, echter grotere gedragsveranderingen met inperking van het milieugebruik nodig maken. In dat geval dienen er transities naar geheel andere technologische systemen plaats te vinden. Het is namelijk niet te verwachten dat de benodigde grote gedragsveranderingen direct via eenvoudige economische prikkels of via morele overtuiging zijn uit te lokken. Daarom zullen die gedragsveranderingen gedragen moeten worden door ingrijpende technologische veranderingen. Anderszijds is het voor het beleid niet voldoende om zich te concentreren op de technologische transities, maar zullen ook de bijbehorende culturele en sociale systeemwijzigingen beleidsaandacht vragen.

Samenspraak tussen evolutionaire en neo-klassieke denkbeelden

De vraag hoe de overheid kan bijdragen aan dergelijke technologische transities en systeeminnovaties vormt één van de belangrijke aandachtspunten van ons onderzoek. We hebben gepoogd deze vraag te beantwoorden vanuit de samenspraak tussen de vooral op evolutionair-economische denkbeelden gebaseerde onderzoekslijn en de neo-klassieke economische onderzoekslijn waarop de uitkomsten in de voorgaande paragrafen hoofdzakelijk gebaseerd zijn. Hoewel een volledige integratie van beide onderzoekslijnen binnen ons programma een brug te ver bleek, is wel duidelijk dat een interactie tussen de denkbeelden nodig is om meer zicht te krijgen op de

mogelijkheden voor het beleid bij het faciliteren van technologische transitie. (Zie voor eerdere overzichten Kemp, Mulder en Reschke, 1999, en Mulder, De Groot en Hofkes, 2001). Uitgangspunt vormt hier het evolutionaire perspectief waarbij de technologische ontwikkeling opgevat wordt als een proces van variatie en selectie (zie hoofdstuk 2 van Geels en Kemp). De variatie duidt er op dat aan het begin van het proces van technologische transitie aan voldoende alternatieve nieuwe technologische systemen de gelegenheid wordt geboden zich vanuit een embryonale vorm te ontwikkelen. Vervolgens komt in een later stadium, maar ook in wisselwerking, het proces van selectie op gang waarbij de meest levensvatbare en beste alternatieve technologieën overblijven zodat er uiteindelijk één (of een enkel paar) van deze nieuwe technologieën de standaard wordt. Dit is dan de winnende technologie.

Haken en ogen van transitie management

Onderzoek naar de stuurbaarheid van deze transitieprocessen, transitie management, maakt gebruik van analyses over hoe grote transitie in het verleden hebben plaatsgevonden. Een voorbeeld is de overgang van zeilschepen naar stoomschepen. Kenmerkend in deze historische beschouwingen is dat de nieuwe technologie die achteraf de winnende bleek te zijn, altijd in het beginstadium in een bepaalde niche van de markt heeft kunnen opbloeien. Tegelijkertijd leren de historische voorbeelden ook dat de overheid hierbij slechts in zeer beperkte mate een sturende rol kan hebben. De overheid moet zich deze rol ook niet zwaar willen aanmeten aangezien zij niet op voorhand kan bestemmen welke de winnende technologie zal worden (dus hier geen ‘picking winners’). Een uitzondering is de transitie van kolen naar gas voor ruimteverwarming in Nederland. Overigens zou wel overheidsingrijpen op zijn plaats zijn wanneer dreigt dat de marktwerking tot transitie naar een suboptimale technologie leidt of dat een door netwerkexternaliteiten opgeroepen maar ongewenste *lock-in* in een technologisch monopolie (vergelijk Microsoft) ontstaat. De vraag blijft dan natuurlijk waar de overheid haar informatie-voorsprong aan ontleent dat het om suboptimale situaties vanuit het maatschappelijke perspectief gaat. In het algemeen moet transitie management zich richten op het beter laten functioneren van het variatie-selectie mechanisme.

Ook bij transitie management is de rol van meer traditioneel beleidsinstrumentarium niet uitgespeeld. Het blijft belangrijk om via heffingen en regelgeving druk uit te

oefenen op het bestaande systeem. Het verschil is echter dat er ook en eerst ruimte moet worden gemaakt voor de ontwikkeling van alternatieven in niches. Alleen dan mag je verwachten dat de druk op de huidige technologieën ook daadwerkelijk tot een switch naar alternatieve technologieën leidt. Hoe deze bescherming in niches precies vorm moet krijgen blijft een belangrijke vraag.

Onzekerheid over in de toekomst beschikbare technologieën

In hoofdstuk 9 gaan Elzen c.s. nader in op de belangrijkste vraag voor het transitiebeleid, namelijk of evoluties te sturen zijn en, zo ja, op welke manier. Zij introduceren het instrument van socio-technische scenario's. Het idee is om voor een bepaald domein (in dit hoofdstuk wordt het voorbeeld personenmobiliteit behandeld) verschillende scenario's te beschrijven over de gecombineerde maatschappelijke en technologische ontwikkeling. Ervaring met historische beschrijvingen van transities en huidige kennis over technologische mogelijkheden die nog niet geïmplementeerd zijn vormen bronnen van inspiratie om mogelijke toekomstscenario's te schetsen. De uitkomsten van deze scenario's hebben verschillende accenten. Wat de overheid dan nog moet doen is de uitkomsten van die scenario's toetsen aan haar doelstellingen om een geprefereerd scenario vast te stellen. Die keuze kan aanleiding geven om in de processen aanknopingspunten te zoeken om de transitie in de gewenste richting aan te sturen. Beleid betekent nu alert zijn op waar de ontwikkelingspaden uiteenlopen en hoe daar de gewenste richting aan gegeven kan worden. Een probleem is wel dat er vele scenario's bedacht kunnen worden en er ook nog veel onzekerheden zijn over de technologische mogelijkheden die wellicht nog beschikbaar komen.

Deze argumentatie is verwant met de redenering uit de voorgaande paragraaf dat een ongerichte subsidiëring kan leiden tot een te snelle toepassing van een nieuwe technologie waarbij het achteraf bekeken beter zou zijn geweest te wachten totdat een nog efficiëntere technologie beschikbaar komt. Een ander aspect bij technologische transities waarbij kennis van de neo-klassieke groeimodellen kan worden benut betreft de leereffecten. Bestaande technologische systemen zijn opgebouwd uit onderdelen met een sterke onderlinge complementariteit waarvan dankzij de opgebouwde ervaring relatief efficiënt gebruik wordt gemaakt. Nieuwe systemen die in potentie uiteindelijk efficiënter zijn, zijn bij opbouw echter nog minder efficiënt. Net zoals bij de netwerkexternaliteiten leidt dit tot een "lock-in", d.w.z. een technologieval of

technologiekleem, in de oude systemen. Een spontane ontsnapping uit deze technologieval zal niet kunnen plaatsvinden wanneer het nieuwe technologische systeem (d.w.z. de eventuele optiewaarde daarvan) voor de gebruikers minder rendabel is dan het oude.

Begeleiding van transitie

Een uitweg daarbij is het oude systeem via heffingen of regulering duurder maken zodat de prikkels tot ontwikkeling van, en overgang naar een nieuw systeem groter zijn. Zo'n transitiebeleid vergt wel een subtiële vormgeving en timing van begeleidingstrajecten. Aan de ene kant moet ervoor gezorgd worden dat er voldoende niches zijn waarin verschillende technologieën zich kunnen ontwikkelen en moeten die niches financieel beschermd worden. Aan de andere kant moet een goede marktwerking tot een selectie van de verschillende technologieën leiden. Geels en Kemp geven daarbij aan dat de transitie naar een nieuwe technologie makkelijker verloopt via hybride tussenvormen als tussenstappen dan wanneer de overgang in één stap gemaakt moet worden. De overheid kan dit soort transities niet registreren. Zo moet het beleid dat gericht is op vernieuwing en verbetering zoveel mogelijk gebruik maken van markten ten behoeve van de coördinatie. Vanaf die weg heeft de overheid de mogelijkheid in haar beleid met gepaste terughoudendheid mee te denken over geschikte transitietrajecten en daarbij te helpen om de collectieve beslissingen te verbeteren.

5. Conclusies

De technologie staat centraal in de relatie tussen milieu en economie. Een duurzame economische ontwikkeling waarbij de hardnekkige milieuproblemen van nu worden aangepakt, vereist grote maatschappelijke veranderingen waarbij de technologie een aanjaagfunctie vervult. In het in dit boek besproken onderzoeksprogramma zijn vele aspecten van deze spilfunctie van de technologie onderzocht, soms theoretisch met behulp van modellen en/of concepten, soms empirisch. In dit slothoofdstuk hebben wij, in grote lijnen, de mogelijkheden en wenselijkheden die het beleid volgens het onderzoek heeft om deze spilfunctie te beïnvloeden, samengevat.

Zowel het milieubeleid als het technologiebeleid kunnen op zich al voor een zeer groot deel bijdragen aan een technologische ontwikkeling die vanuit het perspectief

van duurzaamheid gewenst is. De belangrijkste doelstelling van technologiebeleid is om de totale factorproductiviteit te verhogen. De bemoeienis van de overheid wordt hier ontleend aan het argument dat investeringen in technologische vernieuwing positieve externe effecten met zich mee brengen. Het milieubeleid moet er dan op gericht zijn om er voor te zorgen dat een belangrijk deel van die productiviteitstoename in milieu-efficiëntie (of meer toegespitst in energie-efficiëntie) neerslaat. Dit vanuit de veronderstelling dat milieubeleid met name op technologische verandering gericht moet zijn. Deze beïnvloeding van de richting van de technologische vernieuwing door het milieubeleid volgt overigens ten dele automatisch uit de doelstelling van het beleid om de negatieve externe effecten van milieugebruik (of in de toespitsing van ons onderzoek: energiegebruik) te internaliseren.

Dit neemt niet weg dat er vanuit de probleemstelling van ons onderzoeksprogramma wel kanttekeningen bij het traditionele instrumentarium van het milieubeleid en het technologiebeleid te maken zijn. Zo dient in het technologiebeleid veel meer dan momenteel het geval is de nadruk te worden gelegd op adoptie en diffusie van nieuwe technologieën. Voor subsidiebeleid is een specifieke vormgeving nodig. Anders dreigt het gevaar van een te groot “deadweight loss” met te veel “free riders”. Ook kunnen subsidies een te snelle technologische vernieuwing uitlokken zodat de korte termijn voordelen van verbetering van energie-efficiëntie niet opwegen tegen de nadelen van het niet kunnen profiteren van een nog betere technologie op de lange termijn. Met betrekking tot het milieubeleid kan gesteld worden dat belastingen op de goede punten moeten aangrijpen maar niet tegen iedere prijs. Soms kan het beter zijn om een input-belasting te hanteren in plaats van een emissie-belasting, ook al worden daarmee niet de juiste prikkels gegeven aan de procesvoering. De uitvoeringskosten van een emissie-belasting kunnen simpelweg te hoog zijn. Belastingen hebben een regulerende doelstelling maar moeten ook fondsen genereren voor de overheid. Het is van belang om de marginale kosten van de fondswerving te betrekken in de keuze van het niveau van de belastingen.

Op beide beleidsterreinen geldt dat zoveel mogelijk onzekerheden moeten worden weggenomen, zowel in het overheidsbeleid zelf als in de richting van nieuwe ontwikkelingen. Technologische vernieuwing is een proces van lange adem, waarbij

investeringsbelissingen onder grote onzekerheid moeten worden genomen. Een grote mate van tijdsconsistentie van het beleid is dan gewenst om foutieve investeringen en onderinvesteringen in ontwikkeling en implementatie van nieuwe technologieën te voorkomen.

De vraag is in hoeverre milieubeleid en technologiebeleid samen voldoende zijn om technologische veranderingen uit te lokken die tot een duurzame economische ontwikkeling leiden. Dit geldt wanneer de negatieve externe effecten van milieugebruik en de positieve externe effecten van investeringen in O&O de voornaamste bron van marktfalen vormen. In dat geval is er geen apart energie-technologiebeleid (of milieu-technologiebeleid) nodig voor de technologische veranderingen die voor de oplossing van milieuproblemen nodig zijn. Wel is het van belang om milieubeleid en technologiebeleid te coördineren. Het in dit boek beschreven onderzoek bevat echter aanwijzingen dat een specifiek op milieutechnologie gericht beleid wel nodig is wanneer de samenleving “vast” zit, door gewinning en belangen, in een oude technologie. De achtergrond van zo’n “lock-in” (technologieval of technologiekleem) is meestal dat de bestaande, dominante technologie grote netwerkexternaliteiten en schaaleffecten met zich meebrengt. Wanneer geconstateerd wordt dat de oplossing van de hardnekkige milieuproblemen en/of de duurzaamheid van de economische ontwikkeling gediend is met de ontsnapping uit een dergelijke technologieval, is een technologische transitie nodig.

De vervolgvraag is dan hoe dit specifieke, op een technologische transitie gerichte milieutechnologiebeleid moet worden vormgegeven. Het onderzoek laat zien dat zulke fundamentele technologische transities zich niet direct door een overheid laten regisseren. Voor beleidsaanbevelingen voor de overheidsbemoeienis met systeemtransities moet met name te rade worden gegaan bij het evolutionaire perspectief. Dit biedt een eigen zicht op de beïnvloeding door de overheid van technologische en de bijpassende maatschappelijke transities (“transitiemanagement”) en geeft aan dat er een subtiele timing nodig is van het enerzijds beschermen van een variëteit van technologische mogelijkheden in de zogenaamde niches, en het anderzijds door de markt laten uitselecteren van de beste nieuwe technologische systemen. Eerst nieuwe systemen kansen bieden en dan druk uitoefenen op oude

systemen met het standaard beleidsinstrumentarium lijkt het beste devies om het evolutionaire proces de goede kant op te sturen.

Met deze conclusies is veel gezegd maar bij lange na niet alles. Wij zijn ons ervan bewust dat er veel vragen zijn blijven liggen maar wij hopen dat dit boek het denken over deze belangrijke problemen enigszins vooruit helpt.

Literatuur

Bretscher, L. en S. Smulders, 2002, *Sustainability and substitution of exhaustible natural resources; how resource prices affect long-term R&D-investments*, mimeo Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Greifswald, Germany, gepresenteerd op workshop “Environmental and technology policy, energy use and technological change”, 21-22 november 2002, Amsterdam.

Butter, F.A.G. den, en M.W. Hofkes, 2001, Endogenous technology and environmental quality in economic models, *International Journal of Environmental Technology and Management*, 1, blz. 32-44.

Dixit, A.K. en R.S. Pindyck, 1994, *Investment under Uncertainty* (Princeton University Press, Princeton).

Groot, H.L.F. de, P. Mulder en D.P. van Soest, 2002, Subsidizing the adoption of energy-saving technologies, *OCFEB Research Memorandum* 0201.

Jaffe, A.B., R.G. Newell en R.N. Stavins, 2002, Environmental policy and technological change, *Environmental and Resource Economics*, 22, blz. 41-69.

Jones, Ch. I., en J.C. Williams, 1998, Measuring the social returns to R&D, *Quarterly Journal of Economics*, 113, blz. 1119-1135.

Kemp, R.P.M., P. Mulder en C.H. Reschke, 1999, Evolutionary theorising on technological change and sustainable development, *OCFEB Research Memorandum* 9912.

Mulder, P., H.L.F. de Groot en M.W. Hofkes, 2001, Economic growth and technological change: a comparison of insights from neoclassical and an evolutionary perspective, *Technological Forecasting & Social Change*, 68, blz. 151-171.

Mulder, P., H.L.F. de Groot en M.W. Hofkes, 2003, Explaining slow diffusion of energy-saving technologies: a vintage model with returns to diversity and learning-by-using, *Resource and Energy Economics*, 25, blz. 105-126.

Pieters, J., S. Smulders en H.R.J. Vollebergh, 2001, Technologie, milieu en kennis, in: R. Gradus, J. Kremers en J. van Sinderen (red), *Nederland Kennisland? Kennis en innovatie: uitdagingen voor het economische beleid*, Stenfert Kroese, Groningen, blz. 403-421.

Porter, M., 1991, America's green strategy, *Scientific American*, 264, 4, blz. 96.

Smulders, S. en de M. de Nooij, 2003, Induced technological change, energy and endogenous growth, *Resource and Energy Economics*, 25, blz. 59-79.

Weitzman, M.L., 1974, Prices versus quantities, *Review of Economic Studies*, 41, blz. 477-491.